

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2005 年 9 月 29 日 (29.09.2005)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2005/090481 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: C08L 101/02, B82B 3/00, C08K 3/04  
 (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/004559  
 (22) 国際出願日: 2005 年 3 月 15 日 (15.03.2005)  
 (25) 国際出願の言語: 日本語  
 (26) 国際公開の言語: 日本語  
 (30) 優先権データ:  
 特願2004-079268 2004 年 3 月 18 日 (18.03.2004) JP  
 (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): シナ  
 ノケンシ株式会社 (SHINANO KENSHI KABUSHIKI  
 KAISHA) [JP/JP]; 〒3860498 長野県小県郡丸子町大  
 字上丸子 1 0 7 8 Nagano (JP).  
 (72) 発明者; および  
 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 橋爪 仁  
 (HASHIZUME, Hitoshi) [JP/JP]; 〒3860498 長野県小  
 県郡丸子町大字上丸子 1 0 7 8 シナノケンシ株式会  
 社内 Nagano (JP). 清水 誠 (SHIMIZU, Makoto) [JP/JP];  
 〒3860498 長野県小県郡丸子町大字上丸子 1 0 7 8  
 シナノケンシ株式会社内 Nagano (JP).  
 (74) 代理人: 綿貫 隆夫 (WATANUKI, Takao); 〒3800935 長  
 野県長野市中御所 3-1 2-9 クリエイセーター  
 ビル Nagano (JP).  
 (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が  
 可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,  
 BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,  
 DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,  
 ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,  
 LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA,  
 NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,  
 SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
 US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.  
 (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護  
 が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA,

[続葉有]

(54) Title: COMPOSITE MATERIAL, COMPOSITE CARBON MATERIAL AND METHOD FOR PRODUCING THOSE

(54) 発明の名称: 複合素材、複合炭素素材およびこれらの製造方法

3k



(57) Abstract: Disclosed are a composite material and composite carbon material having good electrical conductivity and thermal conductivity wherein nanocarbons are uniformly mixed. Also disclosed is a method for producing such materials. The composite material is characterized by consisting of a polymer substance wherein an atomic group containing a heteroatom such as nitrogen, oxygen or sulfur exists in the main chain or a side chain, and a nanocarbon. The composite carbon material is obtained by firing such a composite material.

[続葉有]



SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: ナノカーボンが均一に混合され、良好な導電性、熱伝導性を有する複合素材、複合炭素素材およびこれらの製造方法を提供する。本発明に係る炭素素材は、本発明に係る複合素材は、窒素、酸素、硫黄のようなヘテロ原子を含む原子団が主鎖や側鎖に存在している高分子物質とナノカーボンとからなることを特徴とする。また本発明に係る複合炭素素材は、上記複合素材を焼成して成る。

## 明 細 書

複合素材、複合炭素素材およびこれらの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、複合素材、複合炭素素材およびこれらの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来導電性ペースト、導電性インキ、導電性フィルム、熱伝導性フィルムは、カーボンブラックや銀等の導電性の高い物質の単体もしくは複合物を樹脂、有機溶媒等と混合することにより製造されている。

特許文献1:特開2005-62835

特許文献2:特開2005-54094

特許文献3:特開2005-54095

特許文献4:特表2002-544356

特許文献5:特開2000-63726

発明の開示

[0003] しかし、上記導電性の高い物質に金属を用いた場合、酸化や、電気を流すことにより起こる硫化現象により、導電性、熱伝導性、電磁遮蔽性などが不安定となり、さらに重量が大きいため用途が限られてしまうという課題がある。また、金属を用いた場合、フレキシブル性に欠けるという課題もある。一方、導電性の高い物質にカーボンブラックを用いた場合、フレキシブル性は確保できるが、導電性、熱伝導性、電磁遮蔽性などが低いという課題がある。

本発明は、上記課題を解決すべくなされたものであり、その目的とするところは、ナノカーボンが均一に混合され、これにより良好な導電性、熱伝導性、電磁遮蔽性を有する複合素材、複合炭素素材およびこれらの製造方法を提供するにある。

本発明に係る複合素材は、窒素、酸素、硫黄のようなヘテロ原子を含む原子団が主鎖や側鎖に存在している高分子由来の分子量50〜100万からなる物質とナノカーボンとからなることを特徴とする。

また本発明に係る複合素材は、窒素、酸素、硫黄のようなヘテロ原子を含む原子団

が主鎖や側鎖に存在している高分子物質が溶解された分子量50〜100万の高分子由来の溶液中にナノカーボンが分散され、該分散溶液が乾燥されることにより、高分子物質中にナノカーボンが混入していることを特徴とする。

フィルムもしくはシート状をなすことを特徴とする。

あるいは粒状をなすことを特徴とする。

高分子物質に対するナノカーボンの量が1〜30wt%であることを特徴とする。

高分子物質がアミノ酸、アミノ酸からなるタンパク質、またはペプチドからなることを特徴とする。

また、高分子物質が絹素材からなることを特徴とする。

本発明に係る複合炭素素材は、上記複合素材が焼成されてなる。

焼成温度が500℃〜3000℃であることを特徴とする。

本発明に係る複合素材の製造方法は、窒素、酸素、硫黄のようなヘテロ原子を含む原子団が主鎖や側鎖に存在している高分子物質が溶解された分子量50〜500万の高分子物質由来の溶液中にナノカーボンを分散する工程と、該分散溶液を乾燥させる工程とを含むことを特徴とする。

また、分散溶液に磁界をかけ、ナノカーボンを配向させる工程を含むことを特徴とする。

高分子物質に対してナノカーボンを1〜30wt%分散させることを特徴とする。

高分子物質にアミノ酸、アミノ酸からなるタンパク質、またはペプチドを用いることを特徴とする。

高分子物質に絹素材を用いることを特徴とする。

本発明に係る複合炭素素材の製造方法は、窒素、酸素、硫黄のようなヘテロ原子を含む原子団が主鎖や側鎖に存在している高分子物質が溶解された分子量50〜500万の高分子物質由来の溶液中にナノカーボンを分散する工程と、該分散溶液を乾燥させる工程と、乾燥物を焼成する工程とを含むことを特徴とする。

上記焼成工程が低温で焼成する一次焼成工程と、高温で焼成する二次焼成工程とを含むことを特徴とする。

高分子物質に対してナノカーボンを1〜30wt%分散させることを特徴とする。

高分子物質にアミノ酸、アミノ酸からなるタンパク質、またはペプチドを用いることを特徴とする。

高分子物質に絹素材を用いることを特徴とする。

[0004] 発明の効果

本発明によれば、ナノカーボンが均一に混合され、良好な導電性、熱伝導性、電磁遮蔽性を有する複合素材、複合炭素素材を提供できる。

図面の簡単な説明

[0005] [図1]複合素材の説明図である。

[図2]粗粒シルクを2000℃の高温で焼成した場合の焼成物のラマンスペクトル図である。

[図3]粗粒シルクを700℃の高温で焼成した場合の焼成物のラマンスペクトル図である。

[図4]粗粒シルクを1000℃の高温で焼成した場合の焼成物のラマンスペクトル図である。

[図5]粗粒シルクを1400℃の高温で焼成した場合の焼成物のラマンスペクトル図である。

[図6]実施例1の複合素材のSEM写真である。

[図7]実施例1の複合素材のSEM写真である。

[図8]実施例1の複合素材のSEM写真である。

[図9]実施例2の複合素材のSEM写真である。

[図10]実施例2の複合素材のSEM写真である。

[図11]実施例2の複合素材のSEM写真である。

[図12]実施例2の複合素材のSEM写真である。

[図13]実施例2の複合素材を焼成した複合炭素素材のSEM写真である。

[図14]実施例2の複合素材を焼成した複合炭素素材のSEM写真である。

[図15]実施例2の複合素材を焼成した複合炭素素材のSEM写真である。

[図16]実施例2の複合素材を焼成した複合炭素素材のSEM写真である。

[図17]実施例4の複合素材のSEM写真である。

[図18]実施例4の複合素材のSEM写真である。

[図19]実施例4の複合素材のSEM写真である。

[図20]実施例4の複合素材のSEM写真である。

[図21]実施例5の複合炭素素材のSEM写真である。

#### 発明を実施するための最良の形態

[0006] 図1は、窒素、酸素、硫黄のようなヘテロ原子を含む原子団が主鎖や側鎖に存在している高分子物質12中にナノカーボン14が混入している、シート状(フィルム状を含む概念である)の複合素材10の説明図である。

なお、ナノカーボンとは、単層、二層、もしくは多層のカーボンナノチューブ、キャップスタック型カーボンナノチューブ、カーボンナノホーン、またはフラーレンのようなナノサイズのカーボンをいう。

このシート状の複合素材10は、具体的には、上記高分子物質を溶解している分子量50〜500万の高分子物質由来の溶液(以下高分子溶液という)にナノカーボンを分散させ、この分散液を適宜な支持体上に広げ、常温中でまたは加温して乾燥し、シート状にしたものである。高分子溶液中にナノカーボンを分散させるには、混合溶液に超音波を印加するとよい。

なお、上記分散液に磁界をかけることによって、分散液中で、カーボンナノチューブのような繊維状のナノカーボンを所要方向に配向させることができる。これを乾燥することによって、ナノカーボンがある程度所要方向に配向した複合素材10を得ることができる。

上記のように、複合素材10は、高分子溶液にナノカーボンを分散させ、さらに乾燥させたシート状のもの、あるいは粒状のもの、そのものであってもよいが、上記シート状の複合素材10を500℃〜3000℃程度の温度範囲で焼成することによって、シート状等の複合炭素素材としてもよい。上記高分子物質は焼成されることによって導電性が増し、またナノカーボンはもともと高い導電性を有することから、良好な導電性を有するシート状の複合炭素素材を得ることができる。しかも、高分子溶液にナノカーボンを分散させて後、乾燥したものを焼成するので、高分子物質の焼成物中にナノカーボンが均一に混入しており、したがって均一な導電性を有する複合炭素素材を

得ることができる。

上記のように、磁界をかけてナノカーボンを所要方向に配向させた複合素材10を焼成して得た複合炭素素材は、熱伝導性にも優れたシート状物となる。

カーボンナノチューブ等の繊維状をなすナノカーボンは、熱伝導性について異方性を有し、軸方向に極めて優れた熱伝導性を有するが、径方向の熱伝導性には優れない。上記のように、ナノカーボンを所要方向に配向させ、焼成することによって、ナノカーボンの配向方向への熱伝導性に極めて優れた複合炭素素材となるのである。

上記では、複合素材10をシート状に形成したが、高分子溶液にナノカーボンを分散させたものをそのまま乾燥させてもよい。粒状もしくは塊状の乾燥物となり、この乾燥物を500℃～3000℃の温度範囲で焼成し、焼成物を粉砕して、適宜大きさの粒状の複合炭素素材とすることができる。もちろん上記シート状に形成した複合炭素素材を粉砕して粒状としてもよい。

この粒状の複合炭素素材も導電性に優れる。したがって、導電性ペーストや導電性インキの導電性材料として好適に用いることができる。これら導電性ペーストや導電性インキを基材に塗布したり混ぜ込むことにより、電磁遮蔽材料を形成することができる。

このように、この複合炭素素材を樹脂や金属中に配合することにより種々の導電性材料、熱伝導性材料とすることができる。

なお、高分子物質に対するナノカーボンの量は、1～30wt%程度が好適で、特に5～10wt%が好適である。

前記高分子材料に絹素材を用いることができる。

絹素材とは、家蚕あるいは野蚕からなる織物、編物、粉体、綿、糸等の総称である。これらを単独もしくは併用して用いることができる。

これら絹素材はタンパク質の高次構造をとり、その表面(折り畳み構造をなす、折り畳まれて内側となる表面を含む)に、種々のアミノ酸残基を含む配位基が存在する。

高分子材料としては、上記の絹素材の他に、窒素、酸素、硫黄のようなドナー原子を含む原子団が主鎖や側鎖に存在している高分子材料を用いることができる。

このような高分子材料としては、ケラチン、牛乳タンパク、トウモロコシタンパク、コラーゲン等のタンパク質も用いることができる。

以下では、高分子物質として絹素材を例として説明する。

絹素材を単独で焼成して、焼成物の物性を調べた。

絹素材の焼成温度は500〜3000℃程度の温度で行うようにする。

また焼成雰囲気は、窒素ガスやアルゴンガス等の不活性ガス雰囲気中、あるいは真空中で行い、絹素材が燃焼して灰化してしまうのを防止する。

焼成条件は、急激な焼成を避け、複数段に分けて焼成を行うようにするとよい。この焼成条件は、上記複合素材を焼成する場合も同じである。

例えば、不活性ガス雰囲気中で、第1次焼成温度(例えば500℃)までは、毎時100℃以下、好ましくは毎時50℃以下の緩やかな昇温速度で昇温し、この第1次焼成温度で数時間保持して1次焼成する。次いで、一旦常温にまで冷却した後、第2次焼成温度(例えば700℃)まで、やはり毎時100℃以下、好ましくは50℃以下の緩やかな昇温速度で昇温し、この第2次焼成温度で数時間保持して2次焼成するのである。次いで冷却する。同様に、第3次焼成(例えば最終焼成の2000℃)を行って炭素材料を得る。なお、焼成条件は上記に限定されるものではなく、絹素材の種類、求める炭素材料の機能等により適宜変更することができる。

上記のように、焼成を複数段に分けて行うこと、また緩やかな昇温速度で昇温して焼成することによって、十数種類のアミノ酸が、非晶性構造と結晶性構造とが入り組んだタンパク高次構造の急激な分解が避けられる。

図2は粗粒シルクを2000℃(最終段の焼成温度)の高温で焼成した場合の焼成物のラマンスペクトル図である。2681 $\text{cm}^{-1}$ 、1570 $\text{cm}^{-1}$ 、1335 $\text{cm}^{-1}$ のところにピークが見られることからグラファイト化していることが理解される。

図3、図4、図5は、粗粒シルクをそれぞれ700℃、1000℃、1400℃で焼成した場合の焼成物のラマンスペクトル図である。1400℃の焼成温度になると、ピーク値は低いものの、上記3箇所でのピークが見られる。

1000℃未満の焼成温度の場合には、上記のピークが見られないことから、グラファイト化はほとんど起こっておらず、良好な導電性は期待できない。



したがって、導電材料として用いるときは、1000～3000℃(最終段の焼成温度)の高温で焼成するようにするとよい。

上記のようにして、1400℃、2000℃で絹素材(織布)を焼成して得た炭素材料の比抵抗を測定(単糸をほぐしたフィラメントで測定)したところ、いずれも、約 $1 \times 10^{-5}$ ( $\Omega \cdot m$ )であり、グラファイト( $4 \sim 7 \times 10^{-7} \Omega \cdot m$ )には及ばないものの、炭素( $4 \times 10^{-5}$ )より良好な比抵抗となり、良好な電気導性を有していることがわかる。

したがって、この絹素材を焼成した炭素材料とナノカーボンとの複合材である、本発明に係る複合炭素素材も良好な導電性を示すことは明らかである。

(表1)

元素	C	N	O	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Fe
wt%	66.1	27.4	2.1	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	3.2	0.2

表1は、家蚕絹紡糸編地を窒素雰囲気中で700℃で焼成した焼成物の電子線マイクロアナライザーによる元素分析結果(半定量分析結果)を示す。

測定条件は、加速電圧:15kV、照射電流:1 $\mu$ A、プローブ径:100 $\mu$ mである。なお、表中の値は検出元素の傾向を示すものであり、保証値ではない。

表1から明らかなように、27.4wt%という多量の窒素元素が残存していることがわかる。またアミノ酸由来のその他の元素も残存する多元素物であることがわかる。

このように比較的低温で絹素材を一次焼成すると、窒素元素等の元素が多く残存している。この窒素元素は、アミノ酸残基に由来するものである。

このような、窒素元素等の元素が残存していると、樹脂との複合素材に形成する場合、樹脂とのなじみがよくなり、分散性、密着性よく樹脂との混合が行える。

#### 実施例 1

[0007] 塩化カルシウム2水和物の65%水溶液1l中に、絹原料240gを添加し、溶液温度を95℃に保持しつつ加熱溶解を6時間行った。分解が終了した溶解液をろ過して未溶解物をろ別した後、ろ液を分子分画300の透析膜を用いて脱塩して得られたシルクタンパク溶液をさらに希釈して3%のシルクタンパク水溶液にした。このシルクタンパク水溶液3mlにカーボンナノチューブ1gを混合し、超音波を30分かけ、カーボンナノ

チューブを分散させた分散液を作成した。

この分散液を支持体(アクリル板)上に塗布しそのまま常温で乾燥させ、複合素材を得た。

この複合素材のSEM写真を図6、図7、図8に示す。なお、1K等は倍率を示し、1Kは $1 \times 10^3$ を意味する。この図8から明らかなように、カーボンナノチューブが複合素材中に均一に分散していることがわかる。

## 実施例 2

[0008] 塩化カルシウム2水和物の65%水溶液1l中に、絹原料240gを添加し、溶液温度を95℃に保持しつつ加熱溶解を6時間行った。分解が終了した溶解液をろ過して未溶解物をろ別した後、ろ液を分子分画300の透析膜を用いて脱塩して得られたシルクタンパク溶液をさらに希釈して3%のシルクタンパク水溶液にした。このシルクタンパク水溶液3mlにカーボンナノチューブ(CNT)1gを混合し、超音波を30分かけ、CNTを分散させた後、加熱し、シルクを再結晶させ、CNTシルク混合ゲルを作成した。

得られたゲルを80℃の熱風で乾燥させ、乾燥粉末を得た。

この乾燥粉末のSEM写真を図9、図10、図11、図12に示す。これら図面から明らかなように、カーボンナノチューブが粒子中に均一に混入していることがわかる。

## 実施例 3

[0009] 実施例2で得られた粉末を不活性ガス雰囲気中700℃で焼成し、複合炭素素材を得た。この複合炭素素材のSEM写真を図13、図14、図15、図16に示す。

また、この複合炭素素材とエポキシ樹脂とを重量比2:1の割合で混合して複合樹脂材を形成した。この複合樹脂材を常温にてレーザーフラッシュ法にて熱伝導率を測定したところ、 $11 \text{ W/m}\cdot\text{k}$ の熱伝導率を得た。

なお、絹素材(粗粒シルク)を700℃で焼成して形成した炭素材料とエポキシ樹脂とを重量比2:1の割合で混合して形成した複合樹脂材の熱伝導率を常温にてレーザーフラッシュ法にて熱伝導率を測定したところ、 $0.2 \text{ W/m}\cdot\text{k}$ であった。

このように、実施例3の複合炭素素材の熱伝導率は、単に絹素材を焼成して得た炭素材料を混ぜた樹脂との複合材料のそれよりも高い熱伝導率を示した。

ナノカーボンの種類の選択、ナノカーボンと絹焼成炭素材料との混合割合、樹脂の

種類の選択、焼成温度などを選択することにより、さらに高い熱伝導率を有する複合炭素素材が期待できる。

#### 実施例 4

- [0010] 塩化カルシウム2水和物の65%水溶液1l中に、絹原料240gを添加し、溶液温度を95℃に保持しつつ加熱溶解を6時間行った。分解が終了した溶解液にプロテアーゼを1g投入して50℃で20時間保持した後、ろ過して未溶解物をろ別し、ろ液を分子分画300の透析膜を用いて脱塩して得られたシルクペプチド溶液をさらに希釈して10%のシルクペプチド水溶液にした。このシルクペプチド水溶液5mlにカーボンナノチューブ1gを混合し、超音波を30分かけ、CNTを分散させた分散液を作成した。

得られた分散液に4テスラーの磁界をかけた後、支持体(アクリル板)上に広げ、常温で乾燥してシート状の複合素材を得た。この複合素材のSEM写真を図17、図18、図19、図20に示す。これら写真から明らかなようにCNTがかなりの割合である方向に配向していることがわかる。

#### 実施例 5

- [0011] 実施例4のシルクペプチド水溶液5mlに二層のカーボンナノチューブを1g混合して、超音波を30分かけ、カーボンナノチューブを分散させた分散液を作製した。得られた分散液を支持体の上に広げ、60℃の熱風乾燥後、不活性ガス雰囲気中700℃で焼成し、さらに1400℃で二次焼成した後粉碎した。得られた粒状の複合炭素素材のSEM写真を図21に示す。

#### 実施例 6

- [0012] 次の条件で炭素複合材料の粉体抵抗を測定した。

内径4.5cmの絶縁性素材からなる円筒体に、実施例5の複合粉を、上から500kg/cm<sup>2</sup>の圧力をかけた状態で厚さ2mmとなるように充填し、この圧力下で10mAの電流をかけたときの抵抗値を測定したところ、 $18.02 \times 10^{-5} \Omega \cdot m$ であった。

##### 比較例1

内径4.5cmの絶縁性素材からなる円筒体に、銅電解粉(粒径2〜3μm)を、上から500kg/cm<sup>2</sup>の圧力をかけた状態で厚さ2mmとなるように充填し、この圧力下で1Aの電流をかけたときの抵抗値を測定したところ、 $19.29 \times 10^{-5} \Omega \cdot m$ であった。な

お、銅の場合、10mAの電流をかけると酸化皮膜が発生し、抵抗値に影響があるので、高電流値で測定した。

#### 比較例2

内径4.5cmの絶縁性素材からなる円筒体に、黒鉛を、上から500kg/cm<sup>2</sup>の圧力をかけた状態で厚さ2mmとなるように充填し、この圧力下で10mAの電流をかけたときの抵抗値を測定したところ、 $44.82 \times 10^{-5} \Omega \cdot m$ であった。なお、銅の場合、10mAの電流をかけると酸化皮膜が発生し、抵抗値に影響があるので、高電流値で測定した。

このように、本実施例の複合粉は、低い抵抗値を示し、高い導電性を有することが示された。また、このように高い導電性を示すことから、高い電磁遮蔽性を有するものである。

ナオカーボンの種類の選択、ナノカーボンと絹焼成炭素材料との混合割合、焼成温度などを選択することにより、さらに高い導電性を有する複合炭素素材が期待できる。

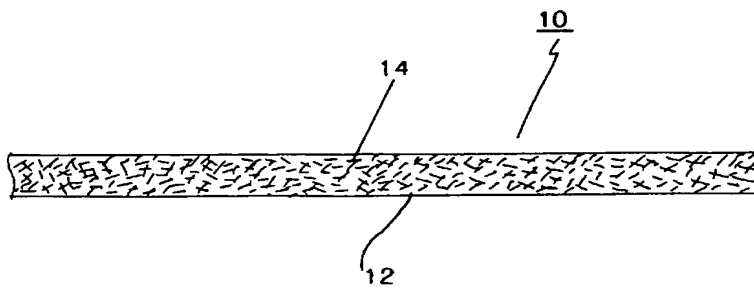
## 請求の範囲

- [1] 窒素、酸素、硫黄のようなヘテロ原子を含む原子団が主鎖や側鎖に存在している高分子由来の分子量50～100万からなる物質とナノカーボンとからなることを特徴とする複合素材。
- [2] 窒素、酸素、硫黄のようなヘテロ原子を含む原子団が主鎖や側鎖に存在している高分子物質が溶解された分子量50～100万の高分子由来の溶液中にナノカーボンが分散され、該分散溶液が乾燥されることにより、高分子物質中にナノカーボンが混入していることを特徴とする複合素材。
- [3] フィルムもしくはシート状をなすことを特徴とする請求項1または2記載の複合素材。
- [4] 粒状をなすことを特徴とする請求項1または2記載の複合素材。
- [5] 高分子物質に対するナノカーボンの量が1～30wt%であることを特徴とする請求項1～4いずれか1項記載の複合素材。
- [6] 前記高分子物質がアミノ酸、アミノ酸からなるタンパク質、またはペプチドからなることを特徴とする請求項1～5いずれか1項記載の複合素材。
- [7] 高分子物質が絹素材からなることを特徴とする請求項1～5いずれか1項記載の複合素材。
- [8] 請求項1～7いずれか1項記載の複合素材が焼成されてなる複合炭素素材。
- [9] 焼成温度が500℃～3000℃であることを特徴とする請求項8記載の複合炭素素材。
- [10] 窒素、酸素、硫黄のようなヘテロ原子を含む原子団が主鎖や側鎖に存在している高分子物質が溶解された分子量50～500万の高分子物質由来の溶液中にナノカーボンを分散する工程と、  
該分散溶液を乾燥させる工程とを含むことを特徴とする複合素材の製造方法。
- [11] 分散溶液に磁界をかけ、ナノカーボンを配向させる工程を含むことを特徴とする請求項10記載の複合素材の製造方法。
- [12] 高分子物質に対してナノカーボンを1～30wt%分散させることを特徴とする請求項10または11記載の複合素材の製造方法。
- [13] 前記高分子物質にアミノ酸、アミノ酸からなるタンパク質、またはペプチドを用いることを特徴とする請求項10～12いずれか1項記載の複合素材の製造方法。

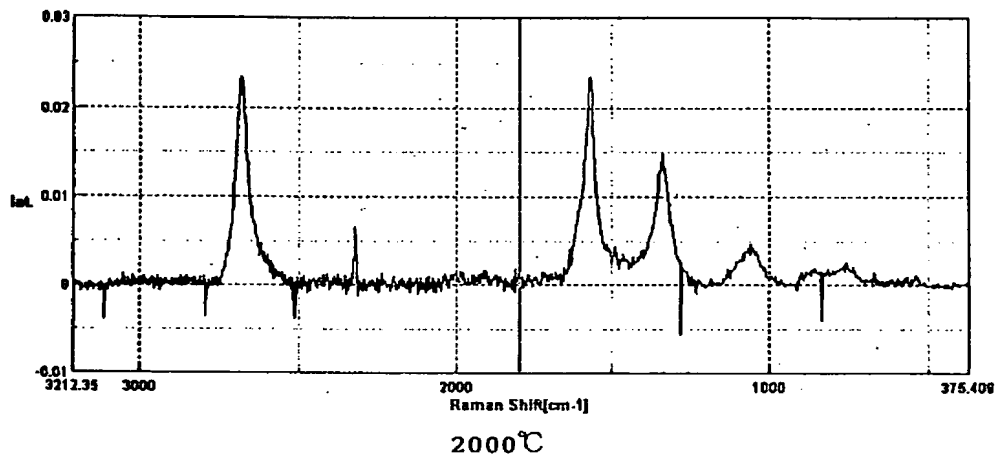
- [14] 高分子物質に絹素材を用いることを特徴とする請求項10～12記載の複合素材の製造方法。
- [15] 窒素、酸素、硫黄のようなヘテロ原子を含む原子団が主鎖や側鎖に存在している高分子物質が溶解された高分子物質由来の溶液中にナノカーボンを分散する工程と、  
該分散溶液を乾燥させる工程と、  
乾燥物を焼成する工程とを含むことを特徴とする複合炭素素材の製造方法。
- [16] 焼成工程が低温で焼成する一次焼成工程と、  
高温で焼成する二次焼成工程とを含むことを特徴とする請求項15記載の複合炭素素材の製造方法。
- [17] 高分子物質に対してナノカーボンを1～30wt%分散させることを特徴とする請求項15または16記載の複合炭素素材の製造方法。
- [18] 前記高分子物質にアミノ酸、アミノ酸からなるタンパク質、またはペプチドを用いることを特徴とする請求項15～17いずれか1項記載の複合炭素素材の製造方法。
- [19] 高分子物質に絹素材を用いることを特徴とする請求項15～17いずれか1項記載の複合炭素素材の製造方法。

[図1]

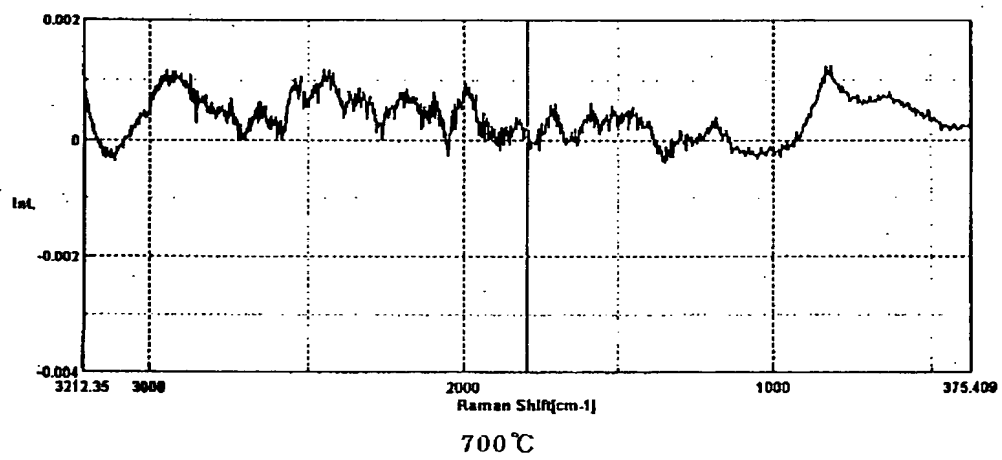
1/10



[図2]

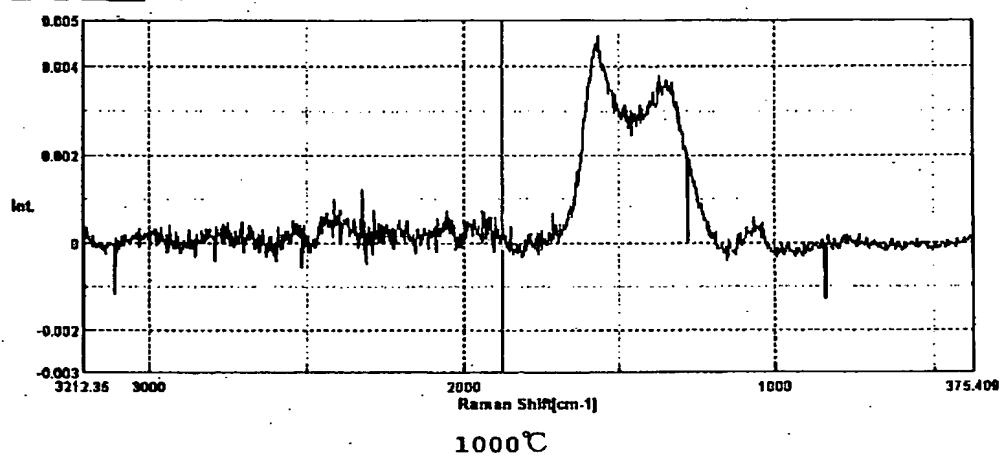


[図3]

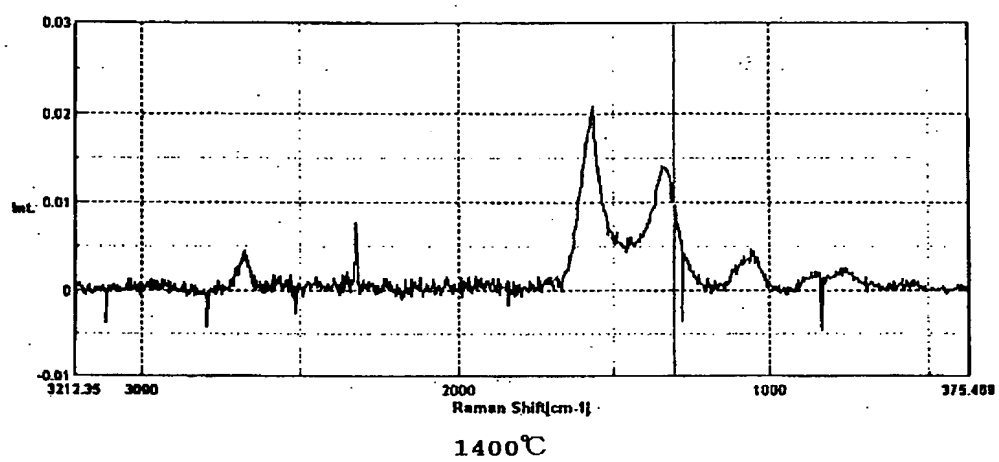


2/10

[図4]



[図5]





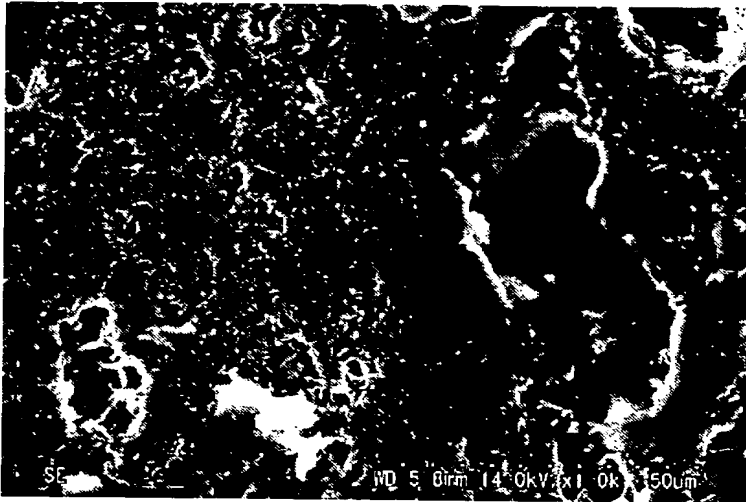
WO 2005/090481

PCT/JP2005/004559

3/10

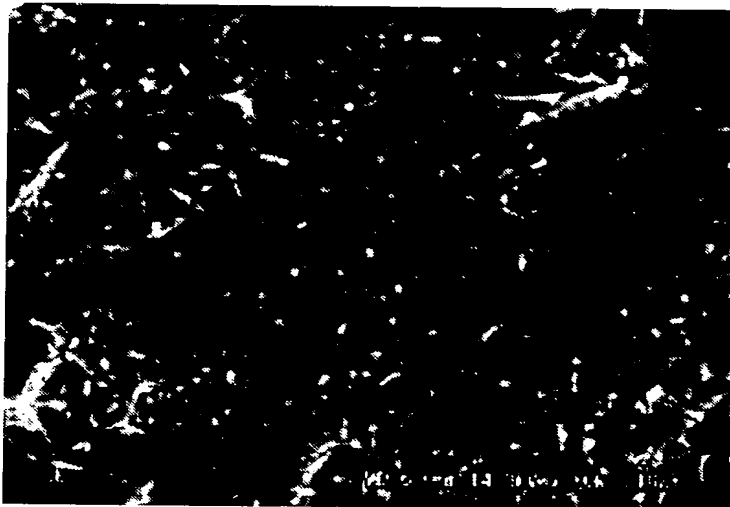
[図6]

1k



[図7]

3k



WO 2005/090481

PCT/JP2005/004559

4/10

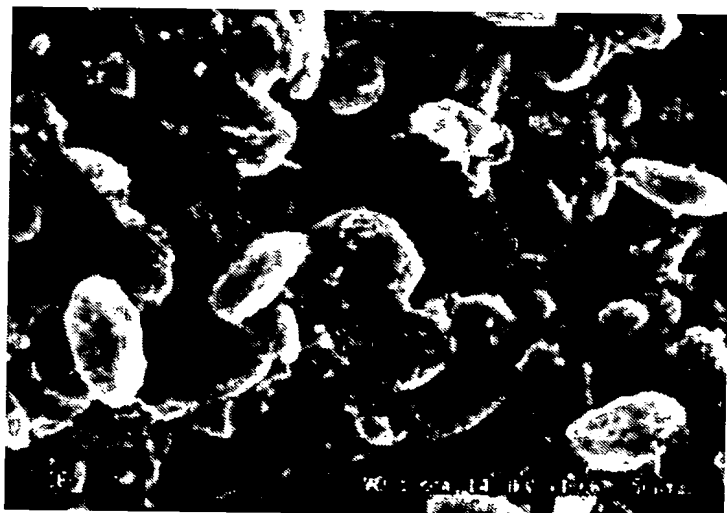
[図8]

5k



[図9]

1k



WO 2005/090481

PCT/JP2005/004559

5/10

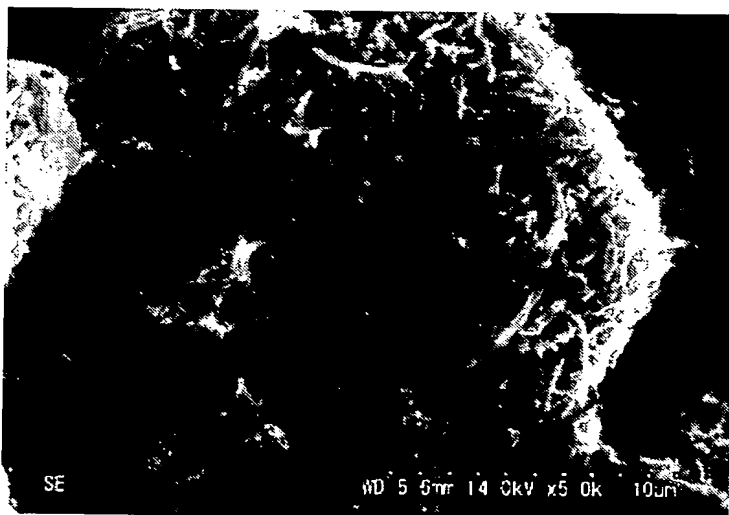
[図10]

3k



[図11]

5k



WO 2005/090481

PCT/JP2005/004559

6/10

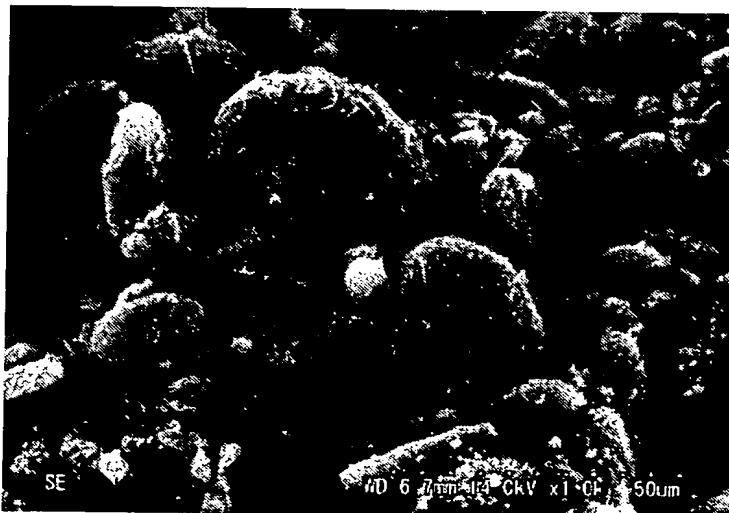
[図12]

10k



[図13]

1k



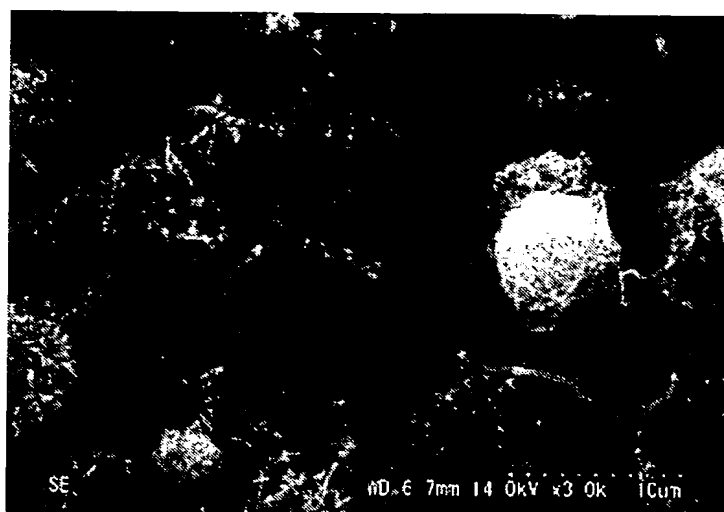
WO 2005/090481

PCT/JP2005/004559

7/10

[図14]

3k



[図15]

5k



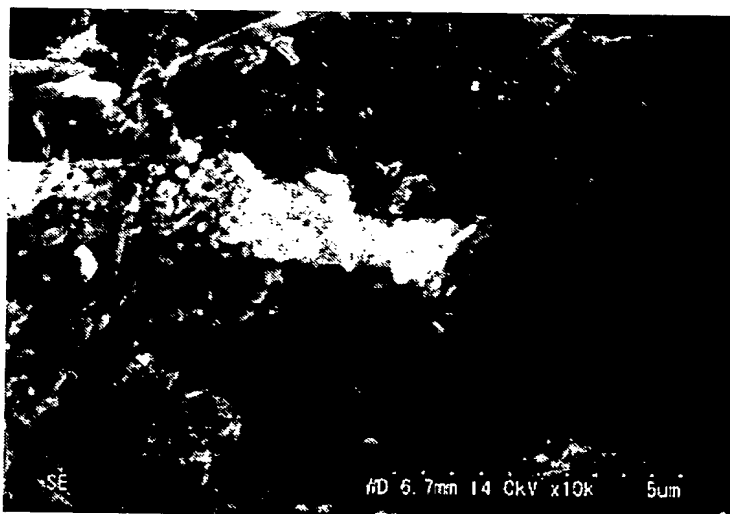
WO 2005/090481

PCT/JP2005/004559

8/10

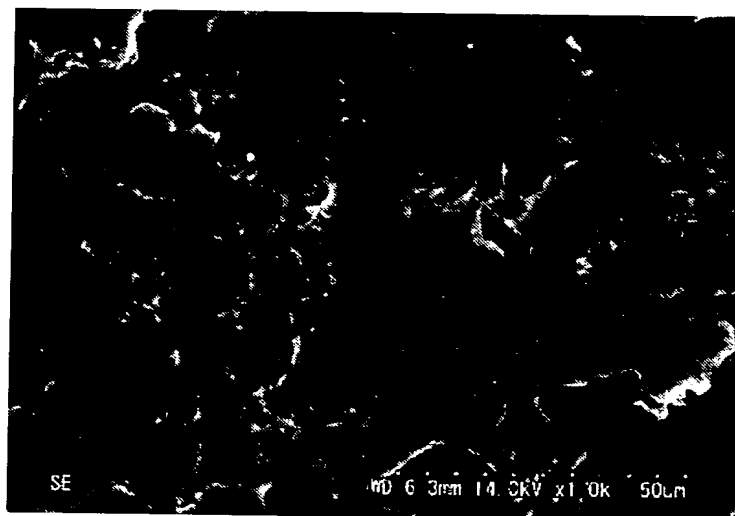
[図16]

10k



[図17]

1k



WO 2005/090481

PCT/JP2005/004559

9/10

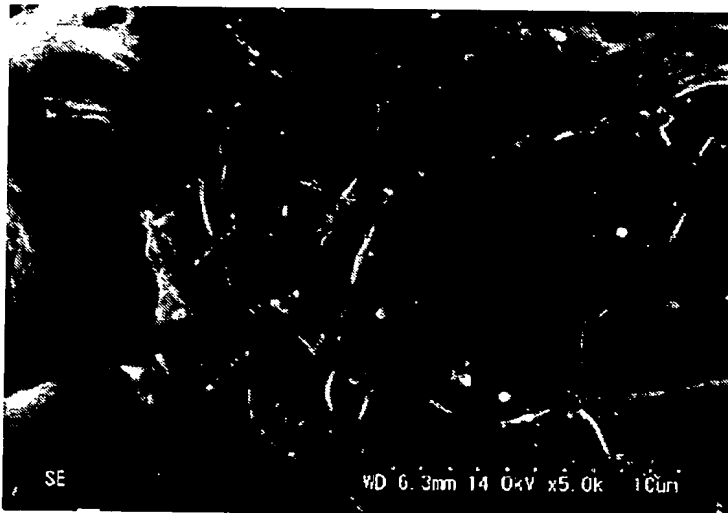
[18]

3k



[19]

5k



WO 2005/090481

PCT/JP2005/004559

10/10

[図20]

10k



[図21]

